

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 584 599 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **93112506.6**

51 Int. Cl.⁵: **H01L 33/00**

22 Anmeldetag: **04.08.93**

30 Priorität: **28.08.92 DE 4228758**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.03.94 Patentblatt 94/09

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München(DE)

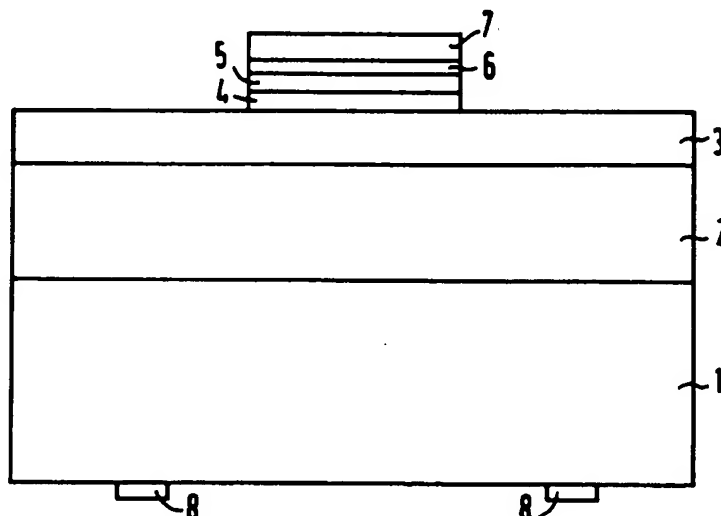
72 Erfinder: **Neumann, Gerald, Dipl.-Phys.**
Merkurstrasse 19
D-93051 Regensburg(DE)
Erfinder: **Nirschl, Ernst, Dr. rer. nat.,**
Dipl.-Phys.
Rolterweg 7A
D-93173 Wenzenbach(DE)
Erfinder: **Späth, Werner, Dipl.-Phys.**
Burgstallerstrasse 10
D-83607 Holzkirchen(DE)

54 **Leuchtdiode.**

57 Eine Leuchtdiode aus einer dotierten Halbleiter-Substratscheibe, auf die eine für die Lichtemission im grünen Spektralbereich geeignete Schichtenfolge epitaktisch aufgebracht ist, und deren p-leitende Scheibenseite (3) zum Teil mit einer Zink-dotierten Kontaktierung (5) versehen ist, soll die Erzeugung

von rein grünem Licht mit hoher Ausbeute ermöglichen. Zwischen Zink-dotierter Kontaktierung (5) und p-leitender Scheibenseite (3) ist eine elektrisch leitende Schicht (4) vorgesehen, die beim Herstellen der Diode eine Diffusion von Sauerstoff in die p-leitende Scheibenseite (3) unterbindet.

FIG 1



EP 0 584 599 A1

Die Erfindung betrifft eine Leuchtdiode nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Leuchtdioden (lichtemittierende Dioden, LED) sind Halbleiter- bzw. Lumineszenzdioden, die bei Stromfluß in Durchlaßrichtung Licht im sichtbaren Spektralbereich aussenden.

Zur Herstellung rein grünleuchtender Leuchtdioden (LEDs) wird bekanntlich ein Galliumphosphid-Halbleitersubstrat verwendet. Die Schichtenfolge zum Erzeugen des lichtaktiven pn-Übergangs kann mittels Gasphasenepitaxie oder Flüssigphasenepitaxie hergestellt werden. Letztere Methode ermöglicht einen höheren Wirkungsgrad der Leuchtdiode.

Bekannte grünleuchtende LEDs bestehen aus GaP-Epitaxiescheiben, die mit solcher Reinheit und Dotierung hergestellt werden, daß sie auf Scheibenebene zu einer Lichtemission in dem gewünschten grünen Spektralbereich führen. Um sogenannte pure-green-leuchtende Dioden (Dominantwellenlänge ca. $557 \pm 4 \text{ nm}$) herzustellen, wird bei dem Epitaxieverfahren auf Stickstoffeinbau verzichtet, obwohl dadurch der Wirkungsgrad der LED sinkt. Die p-dotierte Scheibenseite ist dabei zum Teil, d.h. in einem vorgegebenen Oberflächenbereich mit einer Gold-Beryllium-Kontaktierung als der eine der beiden Diodenkontakte versehen. Beryllium ist allerdings krebserregend und extrem giftig. Als akkumulationsfähiges Gift kann es durch Haut-, Schleimhaut- und Lungenerkrankungen tödlich wirken.

Es ist zudem bekannt, statt einer Gold-Berylliumkontaktierung als Kontaktierung der p-leitenden Scheibenseite eine Gold-Zinkkontaktierung bei grün leuchtenden Leuchtdioden vorzusehen. Bei derartig kontaktierten Leuchtdioden tritt allerdings eine unerwünschte Rotemission auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Leuchtdiode der eingangs genannten Art diese Nachteile zu vermeiden und eine Leuchtdiode zu schaffen, die eine Erzeugung von rein grünem Licht mit hoher Ausbeute ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand zusätzlicher Ansprüche.

Bei der Erfindung wird von der Erkenntnis ausgegangen, daß beim Aufbringen der Gold-Zinkschicht, das zweckmäßig in einem Sputterprozeß erfolgt, Sauerstoff aus dem Restgas der Sputteranlage durch Zink gebunden und in die AuZn-Schicht eingebaut wird. Dieser Sauerstoff diffundiert bei nachfolgenden Temperaturschritten zum pn-Übergang und bildet dort Nachbarkomplexe mit dem zur p-Dotierung verwendeten Dotierstoff. Diese Nachbarkomplexe ermöglichen die unerwünschte Emission im roten Spektralbereich.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch das Anbringen einer elektrisch leitenden Schicht unter der AuZn-Schicht der Sauerstoff beim Aufbringen der Kontaktierungen bzw. den nachfolgenden Temperaturbehandlungen, d.h. beim Herstellen der Diode von einer Diffusion in den Halbleiter abgehalten wird. Als solche elektrisch leitende Schichten haben sich Schichten aus Titan oder Gold als vorteilhaft erwiesen. Die Dicke dieser Schichten ist dabei zweckmäßig so abgestimmt, daß das Zink aus der AuZn-Schicht gleichzeitig in der Lage ist, bei den Temperaturschritten diese Schichten zu durchdringen, so daß in der angrenzenden Halbleiteroberfläche eine hohe Oberflächendotierung erzeugt und somit ein guter ohmscher Kontakt ermöglicht wird.

Bei den erfindungsgemäßen Leuchtdioden tritt die durch den Chipprozeß verursachte Rotemission, die zu einer Verschiebung der Dominantwellenlänge um ca. 10 nm gegenüber der angestrebten rein grünen Dominantwellenlänge von ca. $557 \pm 4 \text{ nm}$ führen kann, nicht mehr auf. Die dominante Wellenlänge beschreibt dabei als anwenderfreundlicher Begriff des LED-Spektrums den Farbton einer LED, wie ihn das menschliche Auge empfindet.

Vorteilhafterweise wird bei der erfindungsgemäßen Leuchtdiode gleichzeitig eine Steigerung der Lichtausbeute erreicht. Das ist dadurch bedingt, daß ohne die beseitigten Rotübergänge mehr Strom für die Anregung im grünen Bereich, in dem die Augenempfindlichkeit deutlich größer ist, zur Verfügung steht.

Anhand von in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen wird die Erfindung im folgenden näher erläutert. Es zeigen

FIG 1 eine erfindungsgemäße Leuchtdiode im Schnitt und

FIG 2 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Leuchtdiode im Schnitt.

Die in FIG 1 dargestellte Leuchtdiode besteht aus einem Chip aus vorzugsweise Galliumphosphid als Halbleitermaterial. Dabei ist auf die n-leitende Scheibenseite 1, in diesem Beispiel auf das n-leitende GaP-Substrat, das beispielsweise Te- oder S-dotiert ist, als erste Epitaxieschicht 2 eine n-leitende Schicht, d.h. eine wiederum beispielsweise Te- oder S-dotierte Schicht epitaktisch aufgebracht. Als Epitaxie-Verfahren kommen sowohl Gasphasen- als auch vorzugsweise Flüssigphasenepitaxie in Frage. Auf die erste Epitaxieschicht 2 ist eine p-leitende, vorzugsweise Zink-dotierte Schicht epitaktisch aufgebracht, welche in diesem Ausführungsbeispiel die p-leitende Scheibenseite 3 der Leuchtdiode bildet.

Diese Epi-Scheibe (Wafer) wird nun auf der Oberfläche der p-leitenden Scheibenseite 3 in einem vorgegebenen Teilbereich mit einer Zink-do-

tierten Kontaktierung 5 versehen. Zwischen Zink-dotierter Kontaktierung 5 und p-leitender Scheibenseite 3 ist eine elektrisch leitende Schicht 4 vorgesehen, die vorzugsweise aus Gold oder Titan besteht und beim Herstellen der Diode, d.h. beim Aufbringen der Kontaktierungen bzw. den nachfolgenden Temperaturbehandlungen eine Diffusion von Sauerstoff in die p-leitende Scheibenseite 3 verhindert.

Die Dicke der elektrisch leitenden Schicht 4 ist so bemessen, daß Zink aus der Zink-dotierten Kontaktierung 5, vorzugsweise einer Gold-Zinkschicht, beim Fertigstellen der Diode diese Schicht durchdringt und eine hohe Oberflächendotierung erzeugt. Eine hohe Oberflächendotierung hat den erwünschten guten ohmschen Kontakt zur Folge. Zum späteren Montieren der fertigen Leuchtdiode können die Kontaktierungen mit einer Metallschicht 7, beispielsweise aus Gold oder Aluminium versehen werden. Dabei haben wegen ihrer besseren Montierbarkeit Aluminiumkontakte den Vorzug. Zwischen Metallschicht 7 und Zink-Goldschicht 5 ist in diesem Ausführungsbeispiel als Diffusionssperre eine Titan-Wolfram-Nitridschicht 6 vorgesehen. Als Metallisierung 8 für die n-leitende Scheibenseite der Leuchtdiode werden beispielsweise Gold-Germaniumkontaktierungen verwendet.

Während die in FIG 1 dargestellte Leuchtdiode aus einem n-leitenden GaP-Substrat als n-leitende Scheibenseite 1, einer n-leitenden Schicht als erste Epitaxieschicht 2 und einer Zink-dotierten Epitaxieschicht als p-leitende Scheibenseite 3 gebildet ist, besteht die Leuchtdiode gemäß FIG 2 aus einem p-leitenden, vorzugsweise Zink-dotierten Galliumphosphid-Substrat, welches in diesem Ausführungsbeispiel die p-leitende Scheibenseite 3 bildet. Auf die p-leitende Scheibenseite 3 (GaP-Substrat) ist als erste Epitaxieschicht 2 in diesem Beispiel demnach eine p-leitende Schicht aufgebracht, die zweckmäßig Zink-dotiert ist. Als zweite Epitaxieschicht bzw. n-leitende Scheibenseite 1 befindet sich auf der in diesem Beispiel p-leitenden ersten Epitaxieschicht 2 eine n-leitende Epitaxieschicht, die ähnlich der ersten Ausführungsform beispielsweise mit Tellur oder Schwefel dotiert ist. Sowohl Metallisierung 8 der n-leitenden Scheibenseite 1 als auch Zink-dotierte Kontaktierung 5 der p-leitenden Scheibenseite 3 sind entsprechend dem Beispiel gemäß FIG 1 ausgeführt, wobei lediglich die Kontaktnordnung bzw. Kontaktschichtenfolge der abgewandelten Schichtenfolge der Leuchtdiode angepaßt ist. Das bedeutet, daß sich bei dem in FIG 2 dargestellten Ausführungsbeispiel die TiWN-Schicht 6 und die Metallschicht 7 auf der Metallisierung 8 statt auf der Zink-dotierten Kontaktierung 5 befinden.

Patentansprüche

1. Leuchtdiode aus einer dotierten Halbleiter-Substratscheibe, auf die eine für die Lichtemission im grünen Spektralbereich geeignete Schichtenfolge epitaktisch aufgebracht ist, und deren p-leitende Scheibenseite zum Teil mit einer Zink-dotierten Kontaktierung versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen Zink-dotierter Kontaktierung (5) und p-leitender Scheibenseite (3) eine elektrisch leitende Schicht (4) vorgesehen ist, die beim Herstellen der Diode eine Diffusion von Sauerstoff in die p-leitende Scheibenseite (3) unterbindet.
2. Leuchtdiode nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrisch leitende Schicht (4) eine Gold- oder Titanschicht ist.
3. Leuchtdiode nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dicke der elektrisch leitenden Schicht (4) so bemessen ist, daß Zink aus der Zink-dotierten Kontaktierung (5) beim Herstellen der Diode diese Schicht (4) durchdringt und in der p-leitenden Scheibenseite (3) eine hohe Oberflächendotierung erzeugt.
4. Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zink-dotierte Kontaktierung (5) eine Gold-Zinkschicht ist.
5. Leuchtdiode nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zink-Goldschicht (5) mit einer Aluminiumschicht (7) versehen ist, und daß zwischen Aluminiumschicht (7) und Zink-Goldschicht (5) eine Titan- Wolfram-Nitridschicht (6) vorgesehen ist.
6. Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die p-leitende Scheibenseite (3) von der p-leitenden Epitaxieschicht oder dem p-leitenden Halbleiter-Substrat gebildet ist.
7. Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Halbleiter-Substrat Galliumphosphid ist.
8. Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die p-leitende Scheibenseite (3) mit Zink dotiert ist.

FIG 1

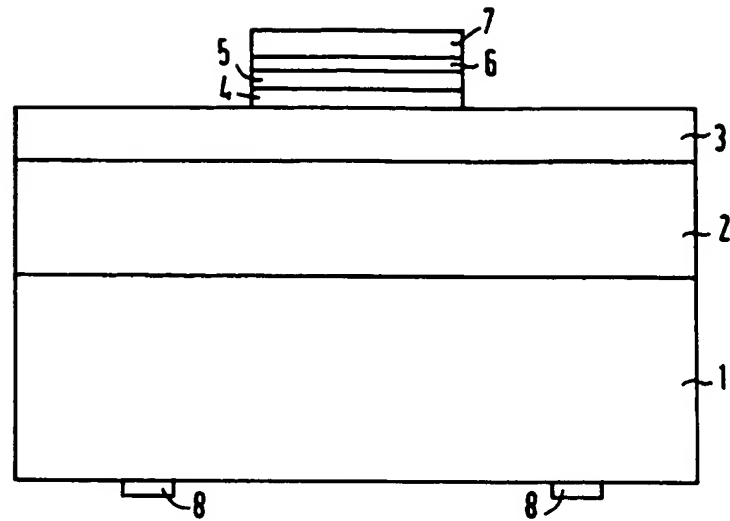
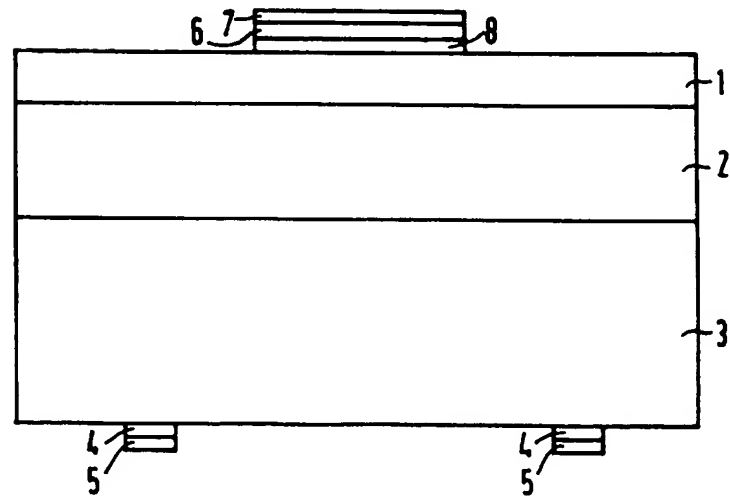


FIG 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 11 2506

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL.5) |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 112 (E-21) 12. August 1980 & JP-A-55 071 080 (TOSHIBA CORP) 28. Mai 1980 * Zusammenfassung * --- | 1-4,6,7 | H01L33/00 |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 3, no. 92 (E-128) 4. August 1979 & JP-A-54 069 975 (TOSHIBA CORP) 5. Juni 1979 * Zusammenfassung * --- | 1-4,6,7 | |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 3, no. 92 (E-128) 4. August 1979 & JP-A-54 069 979 (TOSHIBA CORP) 5. Juni 1979 * Zusammenfassung * --- | 1-4,6,7 | |
| A | DE-A-32 00 788 (SHARP K.K.) 29. Juli 1982 * Ansprüche * | 1,4-7 | |
| A | EP-A-0 102 734 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) * Ansprüche * | 1,7,8 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CL.5) |
| | | | H01L |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort DEN HAAG | | Abschlußdatum der Recherche 9. Dezember 1993 | Prüfer De Laere, A |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | | |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | |